

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ AUTOMOBILOVÉHO INICIÁTORU

DESIGN OF CAR INITIATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN SUCHÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL NOVOTNÝ, Ph.D.

BRNO 2012



## ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na návrh řešení konstrukce a designu automobilového iniciátoru. Návrh je prováděn s ohledem na požadavek zajištění maximální funkčnosti celého prvku. U volby materiálů a použitých technologií není přihlíženo k nákladům a ani dnes běžně používaným postupům. Hlavním cílem je odstranění nedostatků současných automobilových iniciátorů a návrh technologických postupů při výrobě nového dílu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

automobilový iniciátor, návrh, design, konstrukce, FMEA, keramika, proces

## ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on proposal solution of automotive initiator construction and design. The proposal is being carried out with regard to the need to ensure the maximum functionality of the whole element. As for the choice of materials and used technology the costs and procedures commonly used today are not being taken into account. The main objective is to eliminate the shortcomings of current automotive initiators and the proposal of technological procedures in the production of a new component.

## KEYWORDS

automotive initiator, proposal, design, construction, FMEA, ceramics, process



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SUCHÝ, J. *Návrh konstrukčního řešení automobilového iniciátoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 32 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Pavel Novotný, Ph.D..



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Pavla Novotného, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2012

.....

Jan Suchý



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Pavlu Novotnému, Ph.D. za účinnou pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 25. května 2012

.....

Jan Suchý



## OBSAH

Úvod .....	6
1 Automobilové iniciátory .....	7
1.1 Historie .....	7
1.2 Současnost .....	7
1.3 Trendy v automobilovém průmyslu .....	8
1.4 Požadavky na iniciátory a zkušební metody.....	13
2 Vývojový proces nového iniciátoru .....	15
2.1 Vývoj výrobku .....	15
2.1.1 Vypracování časového plánu.....	15
2.1.2 Požadavky na zdroje .....	15
2.1.3 Zpracování návrhu výrobku .....	16
2.1.4 Zpracování FMEA – D .....	17
2.1.5 Zpracování návrhu procesu .....	18
2.1.6 Předběžná kalkulace .....	18
2.1.7 DR 2 .....	19
2.2 Vývoj procesu.....	19
2.2.1 Zpracování FMEA – P .....	19
2.2.2 Plán kontrol.....	20
2.2.3 Návrh technologického postupu.....	20
2.2.4 Ověřovací série.....	20
2.2.5 Revize kalkulace a kapacitní propočty.....	21
2.2.6 DR 3 .....	21
2.3 Ověření výrobku .....	21
2.3.1 Schválení výsledků zkoušek.....	21
2.3.2 Revize ověřovací série, dokumentace a kalkulace .....	21
2.4 Uvolnění do výroby.....	22
2.4.1 Vady předchozích produktů .....	22
Závěr .....	28
Seznam použitých zdrojů .....	29
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	30
Seznam obrázků .....	31
Seznam příloh .....	32



## ÚVOD

Dle nejzákladnějších přehledů nehodovosti na českých a také evropských silnicích, které zpracovala dopravní policie, se v posledních letech razantně snižují počty nehod. I přes toto snížení, každých 13 minut zahyne v Evropě v automobilu jeden člověk, každých 9 sekund dojde ke zranění způsobenému dopravní nehodou. V průměru je na evropských silnicích 25 000 mrtvých a milion zraněných řidičů a jejich spolujezdců za jeden rok. Tato čísla ukazují, že bezpečnost automobilů není stále dostatečně vysoká a je nutné stále zdokonalovat bezpečnostní systémy. Bruselské centrum EuroNCAP (European New Cars Assessment Programme) provedlo poprvé v Evropě rozsáhlé testování, jehož výsledky byly zveřejněny. Zkoušky ukazují, jak je konkrétní vozidlo pevné při hypotetické nehodě. Zkušební metody, které používá EuroNCAP byly vyvinuty tak, aby zahrnovaly co možná nejvíce typů kolizí, které vedou k vážným nebo až k smrtelným zraněním. Výběr testovaných automobilů je průřezem celého trhu a výrobci do něj nemohou zasahovat. Nárazové zkoušky EuroNCAP netestují pouze konstrukci daného automobilu, ale také funkci všech bezpečnostních systémů pro posádku. Díky systému hvězdiček, které symbolizují bezpečnost vozu, lze porovnat automobily různých značek a jejich bezpečnostní prvky. Výsledky naznačují, že současným trendem a také požadavkem veřejnosti je maximální bezpečnost vozu. Bezpečnostní systémy dnes již nejsou nadstandardem, ale nepostradatelnou součástí základní výbavy všech automobilů. Vývoj bezpečnostních systémů je tedy nedílnou součástí u vývoje nových typů automobilů.



# 1 AUTOMOBILOVÉ INICIÁTORY

## 1.1 HISTORIE

Vynález airbagu si v roce 1952 nechal patentovat John W. Hetrick [6]. Základní myšlenkou funkce airbagu byla schopnost zadržet řidiče při rozpoznání nárazu auta. Původně se airbag umisťoval pouze před řidiče, maximálně před spolujezdce. S postupující dobou je stále více kladen důraz na bezpečnost, a tak se rozšířila i působnost airbagů. Již to nejsou pouze čelní airbagy, ale také boční, kolenní nebo hlavové. Jednoduše - chrání tělo při více možných úhlech nárazu.

K tomu bylo zapotřebí vymyslet samotný mechanismus airbagu schopný nafouknout se v krátkém čase a mechanismus schopný rozeznat prudké zpomalení auta a následné „odpálení“ airbagu. To jsou vysoké nároky. Již záhy se konstruktérům ukázalo, že obyčejný plyn nenaplní airbag dostatečně rychle, a proto museli použít pyrotechnickou patronu s látkou schopnou po zažehnutí vyvinout obrovské množství netoxického plynu dostatečně rychle (cca 40 ms). Při tomto procesu dochází k silně ohlušujícímu zvuku. Iniciátor slouží pouze k vyvinutí tlakové síly, kterou usměřňuje a využívá airbag k „nafouknutí“. Konstrukce a design iniciátorů se výrazným způsobem nezměnily. Největší pokrok registrujeme v dnes používaných materiálech a technologiích použitých při výrobě. To je ovlivněno především výrobními náklady a výrobou ve velkých sériích [7].

## 1.2 SOUČASNOST

Airbagy jsou stále vnímány jako doplněk bezpečnostních pásů. Avšak je nutné si uvědomit, že nepoužití bezpečnostních pásů či špatné držení volantů (v době nárazu) může způsobit, že vás airbag těžce nebo i smrtelně zraní. Airbag společně s bezpečnostními pásy a pyrotechnickými předpínači pásů snižuje rychlost nárazu hlavy a hrudníku. Bezpečnostní pásy bývají také často vybaveny omezovačem tlaku, který snižuje zatížení hrudníku při nárazu. V současné době se objevují první prototypy tzv. inteligentních airbagů, které by mohly dokázat regulovat rychlost a objem jejich naplnění podle síly nárazu. Tyto druhy airbagů jsou ovšem doposud na začátku vývoje. V praxi se zatím použít nedají. Největším problémem je vytvoření vhodné tlakové síly pro naplnění airbagu. Odpalovací soustava složená z iniciátoru a pyrotechnické složky je navržena pouze pro vyvinutí maximální tlakové síly, tudíž tato soustava nemůže při odpalu regulovat velikost tlakové síly.

Lze říct, že pokud vycházíme z tvaru vozidla a platnosti fyzikálních zákonů nelze vyrobit bezpečné auto, v kterém byste vždy přežili jakoukoli havárii. Nejblíže by k tomu měla kombinace tanku s raftem. Tedy formulace "bezpečné vozidlo" je jen v rámci jakýchkoli porovnání s dřívějším stavem techniky, nejde o absolutní pojem jako takový. Vozidlo jen poskytuje vyšší míru bezpečnosti, než tomu bylo u srovnatelné kategorie vozidel doposud. Funkční systémy automobilů rozlišujeme podle smyslu jejich využití na systémy aktivní bezpečnosti a systémy pasivní bezpečnosti.





## **AKTIVNÍ BEZPEČNOST**

Pod pojem aktivní bezpečnost spadá výkon motoru, účinnost brzd, úroveň kompletního podvozku, výkon osvětlení vozidla, výhled z vozidla atd., tedy všechno to, čím můžeme aktivně havárii zabránit, tzn. rychle odjet z kritického místa nebo včas zastavit před překážkou. Do tohoto pojmu je také možné zařadit vše, co snižuje únavu a soustředění řidiče, tedy dobré odhlučnění, automatická klimatizace atd.

## **PASIVNÍ BEZPEČNOST**

Pojem pasivní bezpečnost obsahuje vše, co zabrání zranění nebo úmrtí při nehodě, ať vznikne jakkoliv. Brzdná účinnost, osvětlení vozidla a výhled z něj jsou sice sledované veličiny, ale výkon motoru (často zcela nedostačující pro včasné opuštění kritického místa) a kvalitu podvozku posuzuje pouze zákazník.

Na rozdíl od aktivních prvků přicházejí prvky pasivní bezpečnosti na řadu až v okamžiku havárie. Jedná se o konstrukční zařízení, jejichž cílem je minimalizovat následky srážky. Příkladem prvku pasivní bezpečnosti jsou bezpečná konstrukce karoserie nebo sloupku volantu, opěrky hlavy, bezpečnostní pásy, předpínače bezpečnostních pásů, airbagy apod.

## **1.3 TRENDY V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU**

I přesto, že současné automobilové koncerny dbají na snižování nákladů na výrobu, stále více se věnují vývoji nových systémů a dílů zvyšující bezpečnost posádky při havárii. S ekonomickým aspektem souvisí kladení většího důrazu na snížení nákladů a výroby dílů ve větších sériích. Materiály jsou voleny s ohledem na zpracovatelnost, minimální odpad a možnost využití recyklovaných materiálů. Naproti tomu zlepšení vlastností bezpečnostních systémů vyžaduje použití moderních, mnohdy velmi drahých technologií, které mají nesrovnatelně lepší vlastnosti než dnes běžně používané. Například nahrazování kovových součástí plastovými nebo kompozitními materiály, upřednostňování rychlejších přenosů dat pomocí optických vláken, vyhodnocování dat a zkrácení reakční doby u bezpečnostních systémů.

## **DRUHY SOUČASNÝCH INICIÁTORŮ**

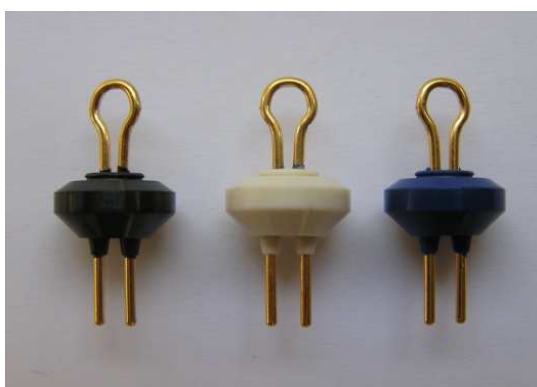
### Plastový iniciátor (squib) – PLSQ

Iniciátory (squiby) pinového typu jsou založeny na malém plastovém těle (obr. 1.1). Pro pinové kontakty se používají nízkouhlíkové materiály ve formě tažených drátů. Prochází povrchovou úpravou pozlacení, která zajišťuje lepší vodivost. Pozlacené piny, musí být opatřeny nazelenalým nástřikem laku pro dokonalé utěsnění plastického materiálu a pinů. Na pinové kontakty, které jsou před namáčením do pyrotechnického materiálu odstřiženy, zploštěny a opatřeny odporovým drátem, je namáčením nanесena vrstva primární pyrotechnické složky. Díky tomuto způsobu výroby dochází k dokonalému slnutí kontaktů (odporového drátu) a pyrotechnické složky, které je velmi důležité pro zaručení správné funkce iniciátoru.



Sekundární slož, která slouží k zesílení účinku, je volně sypaná do plastového kalíšku. Ten je posléze mechanicky nalisován na plastové tělo iniciátoru a zajištěn mechanickým zámkem (obr. 1.2, obr. 1.3).

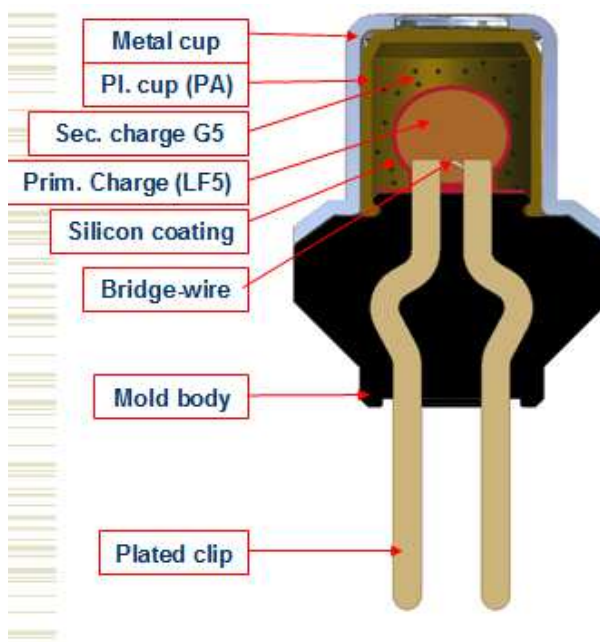
Iniciátory tohoto typu jsou využívány do vyšších celků v různém barevném provedení. Nejčastější použití těchto plastových iniciátorů je v tzv. micro gas generátorech (dále jen MGG), aplikovaných do předpínačů pásů. Dále se používají jako iniciátory do inflátorů airbagů.



Obr. 1.1 Vzhled těl iniciátorů



Obr. 1.2 Vzhled hotového iniciátoru



Obr. 1.3 Řez hotovým iniciátorem



### Skleněný iniciátor (squib) – GTMS

Jedná se o iniciátory pinového typu využívající technologii skleněného zátavu. Jeden z pinů je spojen s kovovým prstencem jádra, v jehož středu je do skleněného zátavu uchycen druhý pin (obr. 1.4). Piny tedy po této operaci z jedné strany skleněného jádra vystupují a na druhé straně jsou zarovnané do roviny s jádrem. Na této rovné plošce je později přidán odporový drát nebo i více drátů pro lepší zajištění funkčnosti. Pyrotechnická složka je postupným lisováním do ocelového kalíšku a nalisováním na jádro spojena s odporovými dráty. Tento typ iniciátoru vyžaduje důkladnější kontrolu slinutí pyrotechnické složky a odporových drátů. Kovový kalíšek je lisováním nasazen na jádro. Posléze je spojen s jádrem v celek pomocí laserového sváru a následně, po přidání plastového kalíšku, z důvodu elektrostatické izolace, je zalitý v plastovém prstenci podle normových požadavků. Tvar prstence se mění pouze podle způsobu uchycení ke konektoru (obr. 1.5, obr. 1.6). Tyto iniciátory slouží především jako iniciační prvek do inflátorů airbagů.



*Obr. 1.4 Jádro iniciátoru*



*Obr. 1.5 Volné piny*



*Obr. 1.6 Uchycení pomocí „pacek“*



### Pilule – FH

Pilule (obr. 1.7) slouží jako zážehový prvek pro vyšší sestavy ve vyvíječích plynu drátového typu (lead-wire) kompletovaných u zákazníka.

Výroba probíhá postupným vystřížením z pásu mosazného plechu a vytvoření tzv. „hřebenu“. Na takto zhotovený hřeben se lisuje plastové tělo a indukčně jsou navařeny odporové zážehové drátky. Následně se namáčí v pyrotechnické směsi. Poslední operací je ochrana proti zvlhnutí směsi formou namočení do barevných laků. Kromě jejich relativně nízkých výrobních nákladů je jejich významnou charakteristikou schopnost sériového odpalu.



*Obr. 1.7 Pilule*

### MGG a lankové MGG

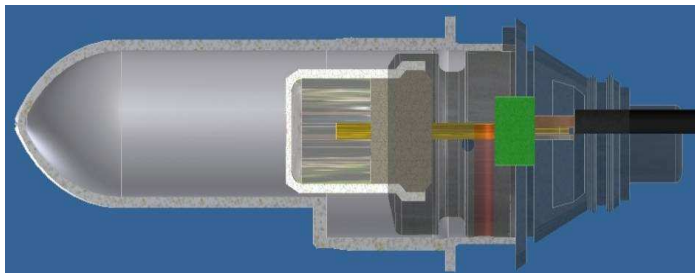
MGG (micro gas generator) jsou vyšší celky, jejichž účelem je, na rozdíl od inflátorů airbagů, kde je požadavkem vývoj množství plynu (objem), vývoj tlakové síly (tlak). Proto se tyto celky používají především do předpínačů automobilových pásů. Nosným prvkem (základem) MGG je tzv. holder. U lankových MGG (obr. 1.8) jsou holdery vyrobeny z plastových materiálů.



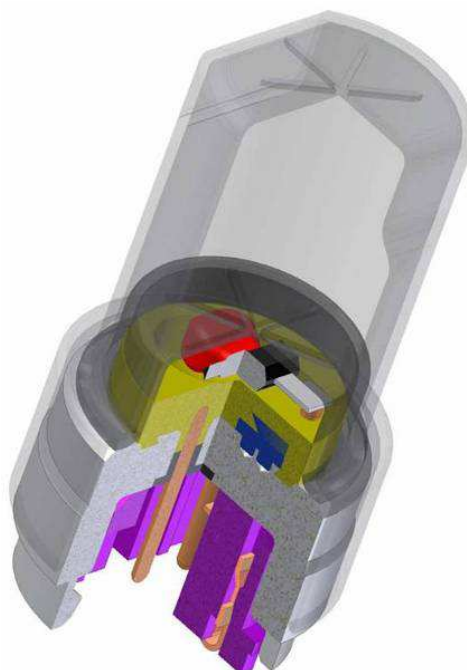
*Obr. 1.8 Vzhled pinového MGG*



U MGG pinového typu (obr. 1.9) jsou holdery vyrobeny z hliníkových slitin. Variantně lze iniciátor nahradit pouze pilulí FH. Tyto MGG ovšem nejsou používány pro primární použití, tzn. do airbagů nebo předpínačů pásů. Tyto MGG jsou používány pro jiné účely, jako jsou např. hasící systémy (obr. 1.10). Pyrotechnická složka je volně sypaná v kalíšku z hliníkové slitiny, ten je pak mechanicky zajištěn v holderu.



Obr. 1.9 Řez lankového MGG



Obr. 1.10 Vyšší sestava



## 1.4 POŽADAVKY NA INICIÁTORY A ZKUŠEBNÍ METODY

Automobilové iniciátory musí splňovat požadavky, které si určuje zákazník. Tyto požadavky se ověřují příslušnými zkouškami. Požadavky se dělí na mechanické požadavky (odolnost, těsnost komponentů, vývin tlaku,...) a na požadavky na elektrické vlastnosti (ESD odolnost, schopnost zážehu, odpor,...).

### ZKOUŠKY KONTROLUJÍCÍ POŽADAVKY NA MATERIÁL A DESIGN INICIÁTORŮ

Kontroluje se především dodržení pevnostních předpokladů, teplotní vlivy a správná funkčnost iniciátorů. Zkoušky se provádí jak při běžných provozních podmínkách, tak i při podmínkách extrémních (vysoké teploty).

#### Statický backpressure

- řízený odpal iniciátoru a následné vyhodnocení pevnosti, houževnatosti a stavu iniciátoru po výbuchu (celistvost jádra)
- destruktivní zkouška

#### He leak test

- zkouška netěsnosti heliem prováděna dle normy DIN EN 60068-2-17. Teplotní šoky -40 °C až +105 °C po dobu 500 cyklů, poté dojde k měření He leak a poté bude pokračovat na dalších 500 cyklů
- nedestruktivní zkouška

Součást je uchycena do přípravku stejného tvaru jako iniciátor, který rozděluje plynovou komoru na dvě vzduchotěsné komory. V dolní komoře je podtlakem vytvořeno vakuum a do horní komory je napuštěno helium. Zkouška netěsnosti spočívá v měření počtu atomů helia prostoupených skrze kovovou součást v dělicí rovině. Na tuto metodu jsou nyní kladeny největší požadavky z důvodu odolnosti iniciátoru ve venkovním prostředí.

#### Rozměrová zkouška významných rozměrů pro optimalizaci vstřikování

- smrštiteľnost plastových částí iniciátoru
- nedestruktivní zkouška

#### Bon-fire test

- neřízený odpal MGG v uzavřené ocelové nádobě zahříváné plamenem. Po odpálení MGG se provádí vizuální kontrola zda nedošlo např. k popraskání jádra iniciátoru nebo vytržení pinů z jádra. Požaduje se vysoká pevnost plastových částí z důvodu podržení pinů v plastovém těle
- destruktivní zkouška

#### Pádová zkouška (falltest)

- prováděna dle normy DIN IEC 60068-2-32 Ed. Z výšky 1m pádem na betonovou nebo ocelovou položku v rozsahu provozních teplot
- destruktivní zkouška





### Mechanický šok

- prováděna dle normy DIN EN 60068-2-27. Před začátkem zkoušky musí být zkoušené předměty na každém stupni temperovány. Forma šoku má charakter polosinusoidy při síle úderu odpovídajícího 100 g, při délce trvání šoku 6 ms a v rozsahu provozních teplot
- destruktivní zkouška

### **ZKOUŠKY KONTROLUJÍCÍ ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI INICIÁTORŮ**

Zkoušky kontrolují především správné odporové charakteristiky a vyloučení elektrostatického vznícení slože. Zkoušky se provádí především v rozsahu pracovních teplot.

#### Hlavní požadavky na elektrické vlastnosti iniciátorů každý kus:

- elektrický odpor

Měří se na obou pinech zároveň, hodnota odporu iniciátoru musí být v rozsahu 1,7  $\Omega$  až 2,5  $\Omega$ .

- zkouška ESD

Prováděna dle normy DIN IEC 1000-4-2.

Dělí se na dvě konfigurace:

test A: vybití k pinu

test B: vybití k uzemněnému obalu

Maximální vybíjecí napětí 25 kV. Délka přípojných vedení při obou konfiguracích je 150 mm, jednotlivé průřezy vedení o ploše 0,5 mm<sup>2</sup>. Vedení nesmí být smotané (jednolinka). ESD náboj je napájen ke konci vedení. Oba testy se provádí na pinech A i B. U koaxiálních zapalovačů/obalů s umělohmotnou izolací proběhne kontakt skrz přizpůsobené opláštění. Struktura se vyfotografuje a zdokumentuje.

#### Další požadavky na elektrické vlastnosti iniciátorů série:

- iniciátor se nesmí vznítit (no - fire podmínky) při proudu menším než 0,4 A a proudovém impulzu menším než 0,5 A do 0,4  $\mu$ s, v rozsahu provozních teplot. Musí být zachovány obě podmínky
- iniciátor se musí vznítit (all - fire podmínky) při proudu v intervalu 1,75 A až 40 A, po dobu maximálně 0,5 ms a proudu větším než 1,2 A, v rozsahu provozních teplot. Musí být zachovány obě podmínky
- musí snést elektrickou zátěž v rozsahu provozních teplot po dobu životnosti pro trvalý proud 100 mA, pro pulzní proud 100 mA (10 ms zapnuto, 20 ms vypnuto) a vzestupný trvalý proud větší než 1 A.ms<sup>-1</sup>
- zpoždění zapalovače nesmí být při proudu 1,75 A větší než 0,7 ms a při proudu 1,2 A větší než 2,2 ms. Při větším zpoždění je nutný souhlas dodavatele pyrotechnických systémů
- nutné vyloučení chybného vypnutí elektrostatickým výbojem. Nesmí nastat ESD svod přes pyrotechnickou slož



## 2 VÝVOJOVÝ PROCES NOVÉHO INICIÁTORU

Vývojový proces je činnost, vedoucí od zadání k naplnění požadavku zákazníka. Výsledkem je zahájení výroby nového výrobku. Vývojový proces zahrnuje milníky vývoje (dále jen DR – design revue), které uzavírají jednotlivé části vývojového procesu (příloha č. 9). DR vychází z požadavků zákazníka, je prováděn vývojovým týmem v předem naplánovaných schůzkách. Zahrnuje všechny parametry jakosti, měl by být založen na definovaných kritériích, provádí se v několika fázích až po konečný návrh. Konečné rozhodnutí o návrhu zůstává na vývojovém týmu a manažerovi [5].

Náplní DR1 je schválení technického zadání zákazníka, určení vedoucího projektu a týmu. Vývojový tým je tvořen min. 3 lidmi. Měl by ho tvořit především konstruktér, pracovník oddělení kvality a výrobní technolog.

### 2.1 VÝVOJ VÝROBKU

V procesu vývoje výrobku se provádí základní činnosti pro dokončení projektu. V této fázi musí rozhodně být vypracovány:

- časový plán
- požadavky na zdroje (lidské, materiálové, strojní)
- zpracování návrhu výrobku
- FMEA – D
- předběžná kalkulace
- flow – chart

#### 2.1.1 VYPRACOVÁNÍ ČASOVÉHO PLÁNU

Časový plán slouží pro lepší orientaci ve vývojovém procesu. Usnadňuje kontrolu jednotlivých částí vývoje a také zlepšuje produktivitu práce. Zákazník tak má předběžný odhad dodání výrobku, ve kterém lze počítat s časovým zpožděním.

Důležité je rozlišovat stadia životního cyklu (základní rozdělení) a verifikaci a validaci pro každé stádium (prototyp, ověřovací výroba, sériová výroba). Měly by se posuzovat možnosti selhání a rizika (FMEA, spolehlivost, aj.) [5].

#### 2.1.2 POŽADAVKY NA ZDROJE

Seznam zdrojů slouží k určení plánovaného počtu lidí nutných na provedení operace, plánovaného množství materiálu dle požadavku zákazníka na množství dílu a nutné stroje a zařízení k zabezpečení ověřovací série. Tyto zdroje se mohou lišit od samotného zavedení sériové výroby na základě splnění požadavků zákazníka [5]. Tento předběžný návrh je upravován během procesu, např. při spuštění ověřovací série je možné upravit počet pracovníků pro vykonávání určitých pracovních kroků.





### 2.1.3 ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU VÝROBKU

Zabývám se návrhem iniciátoru integrovaného přímo v MGG pinového typu do předpínačů automobilových pásů (příloha č. 1). Holder je brán jako základový díl, který dovoluje pouze minimální úpravy. Podobným způsobem je navržen také kovový kalíšek pro výšlehovou slož. Piny jsou ovšem navrženy zcela odlišným způsobem, který zajišťuje pevnost uchycení pinu v těle holderu. Hlavním rozdílem ve výrobě pinů je, že nepodstupují obrábění ve formě podkov, ale po samostatných kusech. Odpadá tak kontrola jejich souososti během výroby. Jako povrchovou úpravu jsem navrhnul pozlacení, které zlepšuje jejich elektrické vlastnosti. Díky velikosti plošek pinů v těle holderu je snadné provést navaření odporového drátku automatem.

Tvar těla iniciátoru vychází z vnitřního designu holderu. Díky integraci iniciátoru do holderu se značně snižují nároky na formu, která může mít podstatně jednodušší konstrukci. Tento navrhovaný design těla iniciátoru také eliminuje tvorbu přetoků, zejména pak příčný přetok přes tělo iniciátoru. Příčný přetok u plastových iniciátorů způsobený vstřikováním do dělené formy, totiž zvyšuje riziko výroby vadného dílu.

Kalíšky pro pyrotechnické složky jsou zajištěny mechanicky. Pro dokonalejší utěsnění proti propouštění vlhkosti jsem navrhnul zástřík silikonovou pryží s obsahem reflexní barvy, pro snadnější kontrolu správné aplikace.

Navzdory rozmanitosti typu materiálů, se mohou díly iniciátoru vyrábět pouze z omezeného počtu materiálů. Vyloučil jsem dnes v praxi běžné typy plastů (ABS, PA, PBT a podobné technické plasty). Dále lze vyloučit pryže a většinu druhů keramiky. Pryž nemá potřebnou pevnost a tvrdost. Keramika nemá ve většině případů odolnost proti vlhkosti, je velmi křehká. Reaktoplasty jsou zatím nevyužívané pro jejich specifické technologické nedostatky a energetickou náročnost. Oproti termoplastům, které se ve formě vytvrzují chladnutím, se reaktoplasty vytvrzují zahříváním na vysoké teploty, tudíž je nutné zajistit ohřev formy.

Pro konstrukci iniciátoru navrhuji dva materiály, které jsou vhodné jednak díky svým mechanickým a chemickým vlastnostem a jednak i využitelností v budoucnosti. Pro konstrukci těla iniciátoru navrhuji monolitní keramiku s nanovláknem a pro konstrukci plastového kalíšku polyamid 12.

Materiály kovových součástí (holder, kovový kalíšek, piny) jsou navrženy s ohledem na materiály používané výrobcí současných iniciátorů a stejně tak jsou navrženy i jejich povrchové úpravy.

#### MONOLITNÍ KERAMIKA SiC S NANOVLÁKNY

Monolitní keramika SiC vykazuje kromě svých výborných vlastností, kterými jsou velmi dobrá odolnost proti vysoké teplotě, vysoká pevnost, vysoká odolnost proti abrazivnímu otěru, odolnost proti tepelným šokům, vhodné tribologické vlastnosti (zejména při styku s kovem), malé třecí síly a malý sklon ke tvoření studených svarů, jednu špatnou vlastnost. Tou je velmi vysoký sklon ke křehkosti, tj. náchylnosti k vylovení nebo zlomení.

Tato vlastnost je řešena materiálovými inženýry přidáním vhodných nanovláken přidávaných do čisté keramiky. Vložením vláken se podstatně zlepší odolnost proti křehkosti. Jinak řečeno, zvýší se houževnatost, zabraňující vzniku nebo šíření trhlin. Vložená vlákna zlepšují i směrovou pevnost.



#### Další výhody keramiky s nanovláknny:

- možnost řízení jejich vlastností podle potřeb součástí (volbou matrice, druhu, směru a množství vláken)
- zvýšení odolnosti proti křehkému lomu
- zachování výborných vlastností do vysokých teplot
- malá teplotní roztažnost
- oproti kovům i většině plastů menší hmotnost (např. u brzdových kotoučů se hmotnost snížila z 11 kg na 3 kg)

Keramika je velmi citlivá na poškození povrchu (možný vznik povrchových trhlin) což může negativně ovlivnit funkci vyráběné součásti. Při obrábění je proto nutné volit pracovní podmínky tak, aby nebyla snížena zejména pevnost obráběné součásti [4].

Samotná výroba těla iniciátoru probíhá podobným způsobem jako při výrobě z plastových materiálů. Jedná se o lisování keramického dílu ve formě, který je následně za zvýšených teplot sušen. Při této operaci nemění své rozměry.

### **POLYAMID 12 (PA 12)**

Je to materiál s vysokou chemickou odolností, dobrými mechanickými vlastnostmi a zpracovatelností. Hlavním důvodem volby tohoto materiálu je jeho schopnost vázat vlhkost, kterou ovšem nepropustí.

Proto je vhodný pro použití na konstrukci kalíšku chránícího pyrotechnickou slož iniciátoru, u které se požaduje minimální vlhkost.

### **PYROTECHNICKÝ MATERIÁL**

Při návrhu jsem se nezabýval chemickým složením pyrotechnického materiálu. Dutiny určené pro vyplnění pyrotechnickou složí jsou dimenzovány na dostatečné množství pyrotechnického materiálu, aby byla zajištěna správná funkce iniciátoru.

#### **2.1.4 ZPRACOVÁNÍ FMEA–D**

Pomocí analýzy FMEA–D (Potential failure mode and effect analysis - design), někdy označované jako FMEA návrhu produktu, se zajišťuje co nejúplnější zkoumání návrhu produktu, s cílem odstranit nedostatky už v etapě návrhu (příloha č. 3). V pojetí normy ČSN IEC 812 neobsahuje FMEA-D hodnocení rizika možných způsobů poruch [3].

#### **ANALÝZA FMEA SE DĚLÍ NA TŘI ČÁSTI:**

##### a) analýza a hodnocení současného stavu:

práce týmu při FMEA návrhu produktu začíná tím, že odpovědný pracovník všechny členy podrobně seznámí s požadavky zákazníka, a s navrhovaným řešením, s jednotlivými komponentami produktu, s jejich základními charakteristikami a funkcemi.



Hodnocení stavu se zpravidla provádí číslovkami 1 až 10, které bývá označováno jako tzv. rizikové číslo. U tohoto hodnocení se zohledňuje význam vady, očekávaný výskyt vady a odhalitelnost vady. Při stavu označeném hodnocením 10 se jedná o závažný (kritický stav) a naopak stav hodnocený číslem 1 je bez následků.

Kromě hodnoty rizikového čísla je vždy potřeba ještě analyzovat ty možné vady, u kterých některé z dílčích hodnocení bylo hodnoceno jako kritické. Návrh opatření se požaduje u všech možných vad, které jsou ohodnoceny 10 nebo 9 body [1].

b) návrh opatření:

členové týmu navrhnou vhodná řešení na odstranění vady ohodnocené 10 nebo 9 body. V případě možných následků by tato opatření měla být prioritně zaměřena na snížení významu vady. Návrhy opatření jsou předloženy odpovědnému vedoucímu ke schválení.

c) hodnocení stavu po realizaci opatření:

poslední etapa analýzy probíhá po provedení opatření na odstranění vad. Posouzení změn hodnocení umožňuje hodnotit účinnost provedeného opatření. Pokud se vada neodstraní, je třeba zajistit nové řešení pro odstranění vady, aby se vznik vad zcela eliminoval.

## 2.1.5 ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU PROCESU

Vytvoření schématu výroby pomocí výrobních kroků (operací), které jsou důležité z konstrukčního hlediska. Návrh procesu, tzv. flow-chart, se vypracovává kvůli objasnění počtu nutných kroků, které ovšem mohou být později upraveny, a kvůli zajištění dodání dílů (příloha č. 2).

## 2.1.6 PŘEDBĚŽNÁ KALKULACE

Vytvoření prvního finančního návrhu pro zákazníka. Předběžná cena zahrnuje především cenu materiálu v množství potřebném pro výrobu dílů. V tomto případě neuvažujeme tvorbu odpadu. Mzda pracovníků, logistika, náklady na energie spojené s výrobou (stroje, budovy), náklady na balení a možné slevy od dodavatelů při odběru velkého množství materiálu předběžná kalkulace nezahrnuje. Tyto položky se zahrnují až do výsledných kalkulací.

### HLEDISKA SESTAVOVÁNÍ KALKULACÍ:

a) předběžná kalkulace:

- propočtová: - nová nebo neopakovatelná výroba
- plánová: - na základě plánových norem
- operativní: - v průběhu výroby, např. při neočekávaném zdražení materiálu

**b) výsledná kalkulace:**

- kalkulace výrobních nákladů: - přímý materiál, mzda, strojní náklady, vlastní náklady výroby, zbytková výrobní režie

Cena současných iniciátorů se pohybuje mezi 15 Kč až 20 Kč za jeden kus. Cena navrhovaného materiálu bude do vysoké míry ovlivněna návrhem keramického materiálu s nanovláknny. Odhadovaná cena iniciátoru by se měla pohybovat v podobné cenové relaci, tudíž zvolený materiál je vhodný pro tento druh součásti.

**2.1.7 DR 2**

Schválení dokumentace z vývoje výrobku a studie proveditelnosti je posledním krokem části vývoje výrobku. Pro další pokračování procesu je nutné schválení managementem firmy.

**2.2 VÝVOJ PROCESU**

Ve fázi vývoje procesu se provádí návrh procesu, jehož výsledkem by měl být výrobek splňující požadavky zákazníka. V této fázi musí být vypracovány:

- FMEA - P
- plán kontrol
- návrh technologického procesu
- ověřovací série
- revize kalkulace a kapacitní propočty

**2.2.1 ZPRACOVÁNÍ FMEA–P**

Postup při analýze procesu je podobný jako při FMEA–D s tím rozdílem, že příčiny možných vad se nehledají v navrhovaném řešení produktu, ale v postupu jeho realizace (příloha č. 4). Analýzu lze doplnit také o libovolné nevýrobní procesy.

**ANALÝZA FMEA SE DĚLÍ NA TŘI ČÁSTI:****a) analýza a hodnocení současného stavu:**

hodnotí se jednotlivé dílčí operace podle toho, jak po sobě následují. Je třeba identifikovat všechny možné vady, vliv vad na celkový produkt, stanovení možných příčin, určit pravděpodobnost výskytu pomocí indexu  $C_{pk}$ , který je přímo vázán na pravděpodobnost výskytu neshodných výrobků [2].

**b) návrh opatření:**

soubor doporučených opatření tým předá odpovědnému vedoucímu ke schválení a přidělení odpovědnosti, včetně termínu realizace.



c) hodnocení stavu po realizaci opatření:

po provedení opatření provede tým opětovné hodnocení vad, na které byla opatření zaměřena. Nové hodnocení umožní posouzení účinnosti opatření a případně včlenění vady s hodnocením kritického stavu [1].

## 2.2.2 PLÁN KONTROL

Jedná se o dokumentovaný popis systémů a procesů požadovaných pro řízení produktu. Organizace musí vypracovat tyto plány pro ověřovací i sériovou výrobu. V úvahu se berou výsledky FMEA. Plán zahrnuje přehled kontrol, monitorování zvláštních znaků a plán reakce [5].

Vytvoření plánu zkoušek pro sériovou výrobu, určení kolik dílů bude podrobena zkušebním metodám během sériové výroby a doplnění časového plánu o testování dílů dle požadovaných zkoušek (příloha č. 5).

## 2.2.3 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Musí být dokumentované instrukce pro všechny zaměstnance. Odvozují se z plánů kvality, kontrol, řízení a z realizace produktu. Tyto instrukce musí být k dispozici na každém pracovišti [5].

Návrh technologického postupu vychází z návrhu procesu (flow-chart), kdy se vychází ze sledu nutných dílčích kroků. Technologický postup zahrnuje také operace s materiály nutné k dosažení požadovaného výsledku. Důležitým aspektem pro sériovou velkovýrobu je vhodné rozmístění výrobních strojů a linek, zajištění přísunu potřebných dílů, odstraňování nebo případné zpracování odpadu a určení počtu pracovníků nebo operátorů počítačových systémů.

Výsledkem by měl být optimální výrobní proces, s co nejmenšími finančními požadavky.

## 2.2.4 OVĚŘOVACÍ SÉRIE

Spuštění prvního výrobního procesu nového produktu předchází vytvoření souhrnu zdrojů pro ověřovací sérii. Sleduje se časový sled operací a jakost produktu.

### SOUHRN ZDROJŮ:

- lidské zdroje
  - pracovníci, kteří provádějí práce ovlivňující jakost produktu, musí být kompetentní na základě přiměřeného vzdělání, výcviku, dovedností a zkušeností
- infrastruktura
  - organizace musí určit, zajišťovat a udržovat infrastrukturu potřebnou k dosažení shody s požadavky na produkt
    - a) budovy, pracovní prostor a technické vybavení
    - b) zařízení pro proces
    - c) podpůrné služby



- pracovní prostředí - organizace musí určit a řídit pracovní prostředí potřebné pro dosažení shody s požadavky na produkty [5]

Také lze optimalizovat výrobní proces sloučením pracovních operací na jedno stanoviště nebo rozdělením na více stanovišť.

### 2.2.5 REVIZE KALKULACE A KAPACITNÍ PROPOČTY

Revize kalkulace je provedena se zahrnutím odpadu, energií a počtů pracovníků. Vychází z výsledků ověřovací série a jsou do ní zahrnuty možné úpravy procesu.

Propočet výrobní kapacity dle průběhu ověřovací série, případně po navržených úpravách výrobního procesu.

### 2.2.6 DR 3

Schválení dokumentace z vývoje procesu, výroby ověřovací série a plánu zkoušek určených produktů. Jedná se o poslední návrhový milník před uvolněním sériové výroby.

## 2.3 OVĚŘENÍ VÝROBKU

Ve fázi ověření výrobku se provádí především vyhodnocování výsledků z ověřovací série a kontrola dokumentace. V této fázi musí být splněno:

- ověření výsledků zkoušek
- revize dokumentace, výkresů, kalkulace

### 2.3.1 SCHVÁLENÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK

Zákazník většinou požaduje plán řízení a výroby prototypu. Měly by být používány stejné materiály, nástroje a procesy jako v sériové výrobě. Služby lze zajišťovat z externích zdrojů, odpovědnost zůstává [5].

Vyhodnocení výsledků z ověřovací série, kontrola rozměrů při sériové výrobě (příloha č. 7) a kontrola jakosti je provedena vývojovým týmem.

### 2.3.2 REVIZE OVĚŘOVACÍ SÉRIE, DOKUMENTACE A KALKULACE

Organizace musí dodržovat postup předepsaný zákazníkem. Schvalování výsledků probíhá po provedení ověřovací série a stejný postup se použije i u dodavatelů [5].

Vývojový tým provede revizi všech dostupných výsledků a měření z dosavadního průběhu ověřovací série. Zhotoví zápis z ověřovací série a revizi kalkulace provozu výrobního stroje s ohledem na výstupní jakost navrhovaného produktu (příloha č. 8).





## 2.4 UVOLNĚNÍ DO VÝROBY

Uvolnění sériové výroby, zhodnocení naplnění časového plánu a rozpočtu. Schválení sériové výroby vedoucím vývojového týmu.

### 2.4.1 VADY PŘEDCHOZÍCH PRODUKTŮ

Navrhovaný iniciátor by měl svým designem, návrhem materiálů a technologických postupů eliminovat vady, které se vyskytovaly u předchozích produktů.

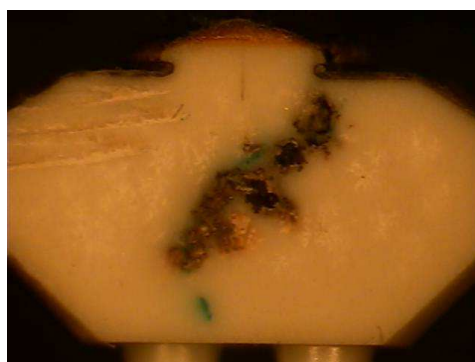
#### PŘÍKLADY VAD PLASTOVÝCH INICIÁTORŮ VZNIKAJÍCÍCH PŘI VSTŘIKOVÁNÍ DO FOREM

Při preventivních kontrolách funkce iniciátorů byla zjištěna vada ve formě poklesu tlaku po zážehu pyrotechnické složky. Byly zjištěny vady ve vnitřní stavbě plastového těla iniciátoru.

Problém nastal při použití formy od jiného výrobce, obě formy byly konstruovány pro rozvod horkých vtoků. Na původních formách došlo, během používání ve výrobě, ke zvětšení vtokových kanálků. U výrobků z nové formy docházelo, díky pórovitosti materiálu a špatné dynamice proudění materiálů, ke vzniku dutin ohraničených spáleným materiálem (obr. 2.1). U některých kusů došlo k úplnému propálení, které bylo snadno detekováno vizuální zkouškou (obr. 2.2).



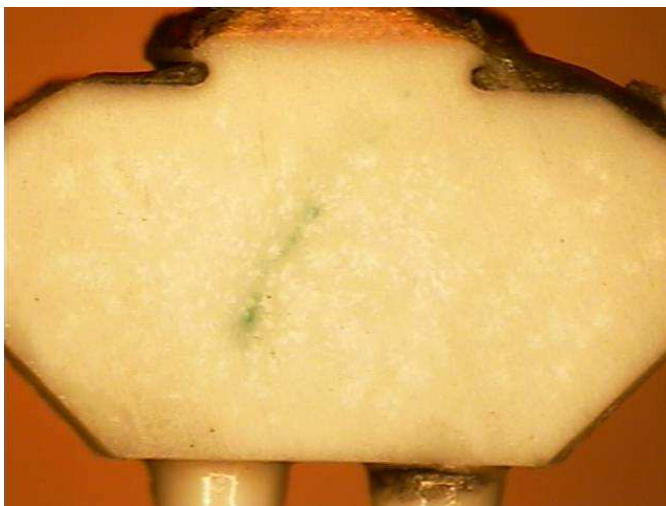
Obr. 2.1 Vznik dutin



Obr. 2.2 Úplné propálení iniciátoru



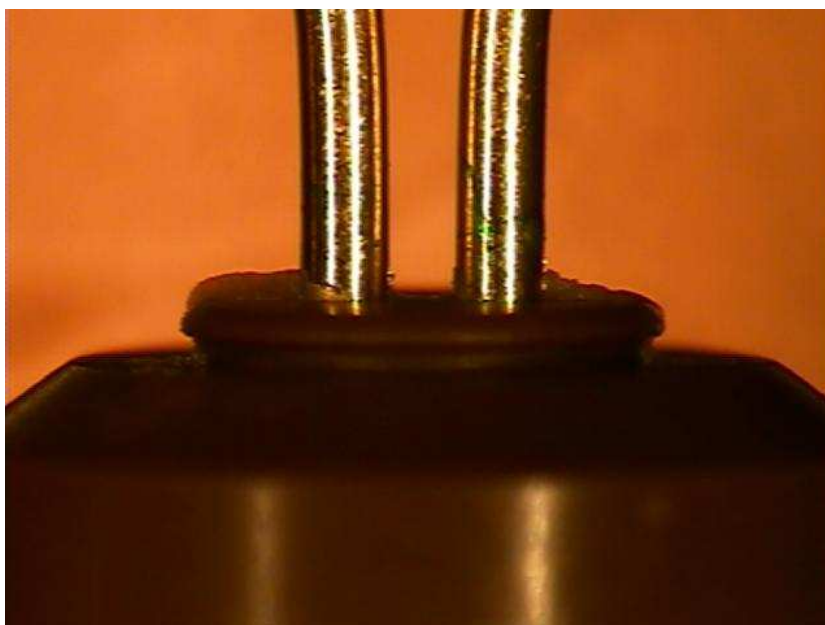
Po odstranění problému rozvodů horkých vtoků na formě již k vadám ve vnitřní stavbě plastového těla nedocházelo. Objevovala se pouze nazelenalá místa, která vznikala slinutím vstřikovaného materiálu a nástřiku pozlacených pinů (obr. 2.3). Tento jev nemá vliv na mechanické vlastnosti iniciátoru.



Obr. 2.3 Tělo iniciátoru bez vady

#### **PŘÍKLADY VAD PLASTOVÝCH INICIÁTORŮ VZNIKAJÍCÍCH KVŮLI ŠPATNÉMU PROVEDENÍ FOREM**

Přetoky v oblasti pinů pro zkratovací člen (obr. 2.4), které způsobují nedoléhavost a tím i špatnou funkci zkratovacího členu.



Obr. 2.4 Přetok v oblasti pinů



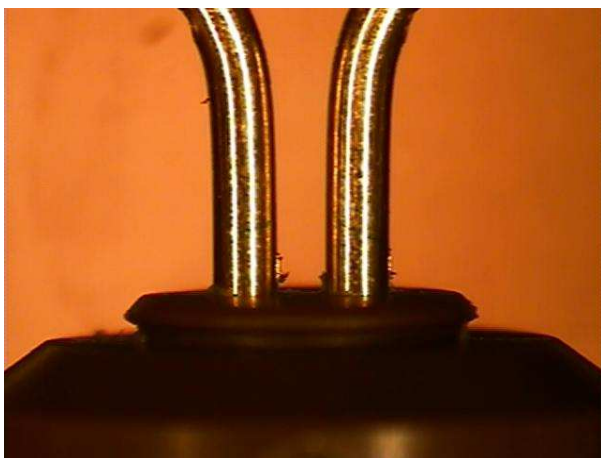


Přetoky na plastovém těle iniciátoru, které způsobují nepřesnosti při montáži do vyšších sestav a v nejhorším případě ji zcela znemožní (obr. 2.5).

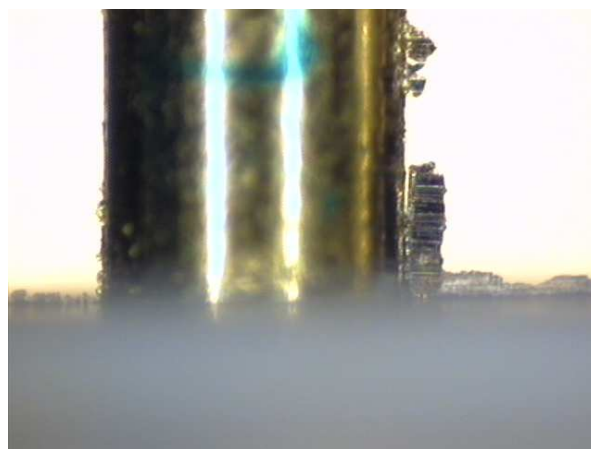


*Obr. 2.5 Přetok na těle iniciátoru*

Skřípnutí pinu formou dochází při nesprávném navržení otvorů pro uchycení pinů ve formě. Vznikají kovové otřepy na pinech především v těsné blízkosti plastového těla iniciátoru (obr. 2.6, obr. 2.7). Tato vada může způsobit zkrat ve zkratovací oblasti nebo nedostatečné dosednutí pinů do konektoru.



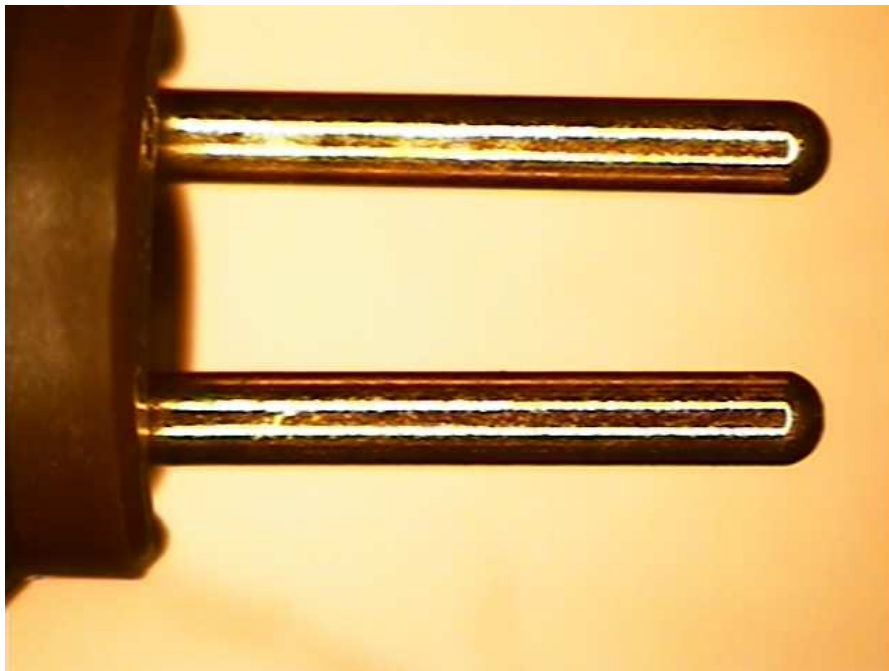
*Obr. 2.6 Otřepy na pinu*



*Obr. 2.7 Otřepy na pinu – detail*



Častým problémem je i ohnutí pinů v uchycení formy. Piny musí být zcela přímé a ohnutí pinů se musí vyloučit (obr 2.8).



*Obr. 2.8 Ohnutí pinů*

Pokud se při výrobě vytvoří přetoky v mechanickém zámku pro uchycení kalíšku s pyrotechnickou složí (obr. 2.9), dochází k netěsnostem mezi kalíškem a tělem iniciátoru, které mohou způsobit navlhnutí pyrotechnické složky, což je nepřijatelná vada při výrobě.



*Obr. 2.9 Přetok mechanického zámku*



Tyto přetoky mohou být způsobeny špatnou nedoléhavostí forem nebo jejich velkým přesazením (obr. 2.10).



*Obr. 2.10 Přesazení formy*

Příklady problémů s formami při výrobě:

- špatné chlazení nebo vyhřívání formy. Jedna strana chladne nebo se zahřívá rychleji, problém souvisí s umístěním vstřikovacích trysek uvnitř formy
- vytékající materiál z trysek
- stopy po degradovaném materiálu ve studeném vtoku
- neustálené teploty. Kolísání nahoru a dolů až o  $\pm 10$  °C
- poškrábaný povrch lžic



### VÝMĚNA MATERIÁLU VE VSTŘIKOVACÍM STROJI

Při požadavku změny materiálu ve výrobním procesu nastává velká prodleva nutná pro výměnu materiálů.



Obr. 2.11 Výměna materiálu ve stroji

Při zkouškách bylo zjištěno, že pro úplnou výměnu materiálu je nutných 50 cyklů (obr. 2.11). Výrobky z takto smísených materiálů, podle požadavků zákazníka, musí být označeny za „zmetkové“ a nelze je použít. Velké prodlevy jsou proto značně ekonomicky nevýhodné.

### PROBLÉMY S HELIOVOU TĚSNOSTÍ

Vznikají netěsnosti mezi piny a plastovým tělem iniciátoru. Míra netěsnosti se zjišťuje měřením počtu atomů hélia v kontrolní komoře. Zkouška probíhá podle metody popsané v kapitole 1.4. Hlavním problémem je smrštelnost plastových materiálů. Materiál, který se zpravidla stahuje „do sebe“, tak nepřiléhá dostatečně k pinům. Dalším aspektem pro vznik netěsností je úprava pinů v podobě pokovení zlatem, které má jako inertní kov špatné vlastnosti pro slinutí kovu s plastem. Pro odstranění nevhodných vlastností se volí změna materiálu pinů nebo pokovení vhodnějším materiálem (příloha č. 6). Tato vada není u keramického materiálu zcela vyloučena, ale za použití mnou navrhovaného designu, ji lze ve velké míře omezit.



## ZÁVĚR

Svým návrhem automobilového iniciátoru se snažím naplnit svůj úmysl, navrhnout takový iniciátor, který by splnil všechny požadavky kladené jak zákazníkem, tak i nutností v použití k pasivní ochraně posádky v automobilech a tím splnit cíl závěrečné bakalářské práce. Iniciátor je navržen tak, aby co nejlépe plnil svou funkci. Tu zlepšuje design nového iniciátoru a také volba nových materiálů. Tvar jednotlivých komponentů iniciátoru, ale také iniciátor jako takový, je navržen i vzhledem ke snadné výrobě a usnadnění technologických postupů, nutných k jeho výrobě.

Návrh vychází z tvaru současných MGG, které se umísťují do vyšších sestav předpínačů automobilových pásů. Na těle holderu byly provedeny pouze nejnutnější modifikace, které se týkaly vnitřního tvaru holderu. Nejvýznamnějším aspektem zlepšení vlastností je především návrh těla iniciátoru z monolitní keramiky zesílené vlákny. Mechanické vlastnosti toho materiálu dovolují použití navrhovaného tvaru těla, které může mít, oproti konvenčním iniciátorům, podstatně menší tloušťku. Další důležitá výhoda nového návrhu se týká usnadnění výroby, kdy část formy tvoří holder, do kterého je lisováno tělo iniciátoru. Tento druh výroby eliminuje tvorbu odpadu, čímž značně snižuje ekonomické požadavky na výrobu. I přesto, že jsem nezohledňoval návrh materiálů pyrotechnické složky, je iniciátor navržen tak, aby pojal dostatečné množství pyrotechnického materiálu pro řádné plnění své funkce. Nový design umožňuje i snadnou změnu velikosti prostoru pro pyrotechnickou složku, v závislosti na vlastnostech pyrotechnického materiálu. Návrh plastového materiálu (PA 12) je taktéž výhodným pro zajištění správné funkce. Díky svým chemickým vlastnostem pohlcuje vlhkost, kterou nepropustí, tím zajišťuje důkladnou ochranu pyrotechnické složky před navlhnutím. Jako další ochranu před navlhnutím pyrotechnického materiálu jsem navrhnul zástřík silikonovou pryží, která nepropouští vlhkost. Tento způsob ochrany je zvolen také u zajištění kovového kalíšku s výšlehovou složkou.

Původně uvažovaným materiálem pro tělo iniciátoru byl plastový materiál VICTREX PEEK (polyetereterketon). I přes jeho výborné mechanické vlastnosti a zpracovatelnost, jsem tento materiál vyloučil. Důvodem je jeho velmi vysoká cena. Mnou navržená alternativa v podobě monolitní keramiky s vlákny je méně ekonomicky náročná a tento materiál by měl být i vzhledem k designu těla iniciátoru, schopný plnit požadavky na mechanické vlastnosti. Dalším materiálem, který by byl schopný splnit požadavky na iniciátor, by mohl být reaktoplast s vysokou pevností. Jako nejvhodnější reaktoplast se mi jeví epoxidová pryskyřice. Reaktoplastický materiál byl již testován, ale narážel na řadu technologických problémů se zpracováním. Především pak problémy při skladování a přetlačování materiálu ve formě tablet do formy dílu. Tento technologický požadavek zvyšuje ekonomické náklady na výrobu.

Tyto vyspělé materiály doposud nebyly použity na tento druh součásti, tudíž nelze porovnat výsledky těchto možných alternativ s konvenčními iniciátory. Moje práce by proto mohla být podkladem pro vytvoření navrhovaného automobilového iniciátoru a podrobnému ověření jeho funkčnosti.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] QS-9000. *FMEA - Analýza možných způsobů a důsledků závad*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001.
- [2] PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1. vyd. Praha: Computers Press, 2001. 244s. ISBN 80-7226-543-1.
- [3] ČSN IEC 812. *Metody analýzy spolehlivosti systému: Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha: Český normalizační institut, 1992.
- [4] Efektivní obrábění keramiky zesílené vlákny: Monolitní keramika. *MM Průmyslové spektrum*. 2009, č. 10, strana 60. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/091004>
- [5] ISO/TS 16949:2002. *Požadavky na systém jakosti*. 1. vyd. Ostrava: P.Q.M., česko - švýcarská spol. s r. o., 2002.
- [6] Airbag: Historie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [cs.wikipedia.org/wiki/Airbag](http://cs.wikipedia.org/wiki/Airbag)
- [7] SEDLÁK, R. Pasivní bezpečnost. In: *Znalecký portál* [online]. 2006, 2012 [cit. 2012-05-19]. Dostupné z: [http://www.znaleckyportal.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=186:pasivni-bezpecnost&catid=205:doprava-obecne&Itemid=307](http://www.znaleckyportal.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=186:pasivni-bezpecnost&catid=205:doprava-obecne&Itemid=307)



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

FMEA-D	Potential failure mode and effect analysis - Design
FMEA-P	Potential failure mode and effect analysis - Procedural
PLSQ	Plastový iniciátor (squib)
GTMS	Skleněný iniciátor (squib)
FH	Pilule
MGG	Micro gas generator
PA 12	Polyamid 12
ESD	Electrostatic discharge
DR	Design revue
[Ω]	ohm
[A], [mA]	ampér, miliampér
[s], [ms], [μs]	sekunda, milisekunda, mikrosekunda
[g], [kg]	gram, kilogram
[V], [kV]	volt, kilovolt
[m], [mm]	metr, milimetr
[°C]	stupeň Celsia
[Kč]	Koruna česká



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Vzhled těl iniciátorů	9
Obr. 1.2	Vzhled hotového iniciátoru	9
Obr. 1.3	Řez hotovým iniciátorem	9
Obr. 1.4	Jádro iniciátoru	10
Obr. 1.5	Volné piny	10
Obr. 1.6	Uchycení pomocí „pacek“	10
Obr. 1.7	Pilule	11
Obr. 1.8	Vzhled pinového MGG	11
Obr. 1.9	Řez lankového MGG	12
Obr. 1.10	Vyšší sestava	12
Obr. 2.1	Vznik dutin	22
Obr. 2.2	Úplné propálení iniciátoru	22
Obr. 2.3	Tělo iniciátoru bez vady	23
Obr. 2.4	Přetok v oblasti pinů	23
Obr. 2.5	Přetok na těle iniciátoru	24
Obr. 2.6	Otřepy na pinu	24
Obr. 2.7	Otřepy na pinu – detail	24
Obr. 2.8	Ohnutí pinů	25
Obr. 2.9	Přetok mechanického zámku	25
Obr. 2.10	Přesazení formy	26
Obr. 2.11	Výměna materiálu ve stroji	27





## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace	I
Příloha č. 2 – FMEA – D	I
Příloha č. 3 – Flow – chart	II
Příloha č. 4 – FMEA – P	III
Příloha č. 5 – Plán kontrol	IV
Příloha č. 6 – Měření těsnosti	V
Příloha č. 7 – Rozměrový protokol	VI
Příloha č. 8 – Sledování využitelnosti stroje	VII
Příloha č. 9 – Procesní schéma	VIII



## Příloha č. 1 – Výkresová dokumentace

126378-1	AUTOMOBILOVÝ INICIÁTOR
126378-1-1	PIN
126378-1-2	KOVOVÝ KALÍŠEK
126378-1-3	HOLDER
126378-1-4	PLASTOVÝ KALÍŠEK
126378-2	HOLDER PODSESTAVA

## Příloha č. 2 – Flow - chart

126378-3	FLOW – CHART
----------	--------------



## Příloha č. 3 – FMEA - D

**FMEA KONSTRUKCE - WORK SHEET**

No.: 1  
Date prepared: 21.1.2008 - 26.3.2008  
Date corrected: xxx

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
Name		VSTUP IX		Participants		Plast II		Article #		Effect of disorder		Functional disorder and unmarketability due to the change (failure mode)		Importance		System		Vehicle		Cause of failure		Frequency		Controls leading to failure mode detection		RPN		Reflection on the design		Quality check		Necessity	
Component		Plast II		Article #		1-00		1-00		DÚSLEDEK V		DÚSLEDEK V		AUTÉ		PRÍČINA		KONTROLA		Detection		Reflection on the design		Quality check		Necessity		Representation		Representation			
1	VÝROBEK	ZMĚNA	FUNKCE	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	1-00	
2	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	
3	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
4	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
5	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
6	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
7	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
8	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
9	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
10	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
11	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
12	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
13	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
14	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
15	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
16	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II
17	Plast drátového	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II	Plast II

Stránka 1 z 1

## 11

[illegible]

## Příloha č. 5 – Plán kontrol

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
PLAN KONTROL																				
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				



Příloha č. 6 – Měření těsnosti

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		FCI-D s hnědým lakem, výroba CW10				Ryton										
3		1:00	17.Mar.200	10:14	5,90E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
4		2:00	17.Mar.200	10:14	5,81E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
5		3:00	17.Mar.200	10:15	1,39E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
6		4:00	17.Mar.200	10:16	4,95E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
7		5:00	17.Mar.200	10:16	2,38E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
8		6:00	17.Mar.200	10:17	1,29E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
9		7:00	17.Mar.200	10:18	1,31E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
10		8:00	17.Mar.200	10:19	1,05E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
11		9:00	17.Mar.200	10:19	1,17E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
12		10:00	17.Mar.200	10:20	1,09E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
13		11:00	17.Mar.200	10:21	1,08E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
14		12:00	17.Mar.200	10:22	1,75E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
15		13:00	17.Mar.200	10:22	1,05E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
16		14:00	17.Mar.200	10:23	1,08E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
17		15:00	17.Mar.200	10:24	9,24E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
18		16:00	17.Mar.200	10:24	1,14E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
19		17:00	17.Mar.200	10:25	9,76E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
20		18:00	17.Mar.200	10:25	1,03E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
21		19:00	17.Mar.200	10:26	9,71E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
22		20:00	17.Mar.200	10:27	1,05E-08	mbar <sup>3</sup> /s										
23		21:00	17.Mar.200	10:27	8,52E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
24		22:00	17.Mar.200	10:28	8,71E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
25		23:00	17.Mar.200	10:28	9,07E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
26		24:00:00	17.Mar.200	10:29	9,58E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
27		25:00:00	17.Mar.200	10:29	8,78E-09	mbar <sup>3</sup> /s										
28																

**FCI-D s hnědým lakem**

Počet	He leak (mbar <sup>3</sup> /s)
1	1,05E-08
2	5,90E-09
3	5,81E-09
4	1,39E-08
5	4,95E-08
6	2,38E-08
7	1,29E-08
8	1,31E-08
9	1,05E-08
10	1,17E-08
11	1,09E-08
12	1,08E-08
13	1,75E-08
14	1,05E-08
15	1,08E-08
16	9,24E-09
17	1,14E-08
18	9,76E-09
19	1,03E-08
20	9,71E-09
21	1,05E-08
22	8,52E-09
23	8,71E-09
24	9,07E-09
25	9,58E-09
26	8,78E-09





Příloha č. 7 – Rozměrový protokol

A1		f <sub>h</sub>																	QA / SupDev		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7	POZ.	ROZMĚR																	MIN	MAX	ZÁVĚR
8	1	6,45	0,10	/ - 0,10			6,318	6,289	6,249	6,273	6,181	6,280	6,286	6,228			6,181	6,318	NOK		
9	2	11,05	0,10	/ - 0,10			11,045	11,019	11,039	11,011	11,049	11,027	11,050	11,021			11,011	11,050	OK		
10	3	5,30	0,10	/ - 0,10			5,369	5,389	5,400	5,389	5,405	5,376	5,402	5,402			5,369	5,405	NOK		
11	4	4,25	0,10	/ - 0,10			4,311	4,334	4,350	4,337	4,347	4,338	4,335	4,344			4,311	4,350	OK		
12	5	2,30	0,10	/ - 0,10			2,340	2,359	2,376	2,365	2,375	2,372	2,378	2,387			2,340	2,387	OK		
13	6	5,50	0,00	/ - 0,05			5,469	5,468	5,473	5,467	5,492	5,479	5,474	5,467			5,467	5,492	OK		
14	7	8,50	0,10	/ - 0,20			8,409	8,440	8,430	8,446	8,345	8,421	8,397	8,411			8,345	8,446	OK		
15	8		0,00	/ - 0,00													0,000	0,000	OK		
16	9	6,45	0,10	/ - 0,10			6,340	6,243	6,313	6,293	6,285	6,255	6,259	6,243			6,243	6,340	NOK		
17	10	11,05	0,10	/ - 0,10			11,041	11,021	11,038	11,021	11,057	11,031	11,047	11,024			11,021	11,057	OK		
18	11	5,30	0,10	/ - 0,10			5,367	5,348	5,370	5,373	5,400	5,393	5,396	5,404			5,348	5,404	NOK		
19	12	4,25	0,10	/ - 0,10			4,312	4,350	4,326	4,318	4,346	4,346	4,337	4,350			4,312	4,350	OK		
20	13	2,30	0,10	/ - 0,10			2,329	2,394	2,343	2,342	2,382	2,387	2,373	2,379			2,329	2,394	OK		
21	14	5,50	0,00	/ - 0,05			5,473	5,465	5,475	5,466	5,485	5,477	5,477	5,462			5,462	5,485	OK		
22	15	8,50	0,10	/ - 0,20			8,457	8,410	8,428	8,451	8,421	8,416	8,429	8,399			8,399	8,457	OK		
23	16		0,00	/ - 0,00													0,000	0,000	OK		
24	17	6,45	0,10	/ - 0,10			6,293	6,231	6,321	6,273	6,248	6,231	6,248	6,220			6,220	6,321	NOK		
25	18	11,05	0,10	/ - 0,10			11,041	11,024	11,038	11,010	11,051	11,035	11,049	11,025			11,010	11,051	OK		
26	19	5,30	0,10	/ - 0,10			5,398	5,394	5,386	5,398	5,397	5,400	5,394	5,399			5,386	5,400	OK		
27	20	4,25	0,10	/ - 0,10			4,336	4,350	4,332	4,339	4,327	4,349	4,344	4,349			4,327	4,350	OK		
28	21	2,30	0,10	/ - 0,10			2,359	2,398	2,344	2,358	2,372	2,388	2,380	2,395			2,344	2,398	OK		
29	22	5,50	0,00	/ - 0,05			5,472	5,467	5,478	5,468	5,491	5,474	5,478	5,467			5,467	5,491	OK		
30	23		0,10	/ - 0,20			8,437	8,404	8,431	8,427	8,419	8,391	8,382	8,392			8,382	8,437	OK		
31	24		0,00	/ - 0,00													0,000	0,000	OK		
32	25		0,00	/ - 0,00													0,000	0,000	OK		



Příloha č. 8 – Sledování využitelnosti stroje

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	<b>Sledování využitelnosti stroje a nákladů na jakost - zástřík</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	Zařízení:		vstříkolis Battenfeld HM60/60 - stroj č.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
2			forma s horkými vlóky FCJ/BF5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
3			robot pro zakládání zálsků MMT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
6					Provoz								Lis + forma								Robot								Produkce																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
7	Datum:		Čas [hod]		Doba výroby - plan [hod]		Doba výroby - skutečnost [hod]		Připrava na začátku směny + výroba rozjezdových kusů [min]		Čistění dělicí roviny v průběhu výroby [min]		Přestávky [min]		Kontrola a uklid na konci směny [min]		Využitelnost stroje [%]		Spotřeba materiálu PPS [kg]		Nedovření formy		Nezasunutí tlžice		Nevyhozené vlóky		Nezaleptí vyhazovačů		Automatické zapnutí ochrany lisu		Doba na opravu poruch lisu + formy [min]		Jiná zdržení [min]		Míce podkov v celisti M1 - porucha zakládání		Zaseknutí podkovy v M1 - porucha zakládání		Počet zaseknutí podkov ve vibračním podavaci		Počet podkov v prostoru vozíku		Počet OK zástříků mimo zásobníky		Ucpání skluzavky na NG podkovy		Doba na opravu poruch robota [min]		Jiná zdržení [min]		Počet OK kusů - plan [ks]		Počet OK kusů - skutečnost [ks]		Počet NG kusů [ks]		14.00-20.29 směny 40ks zástříků a 7ks podkov v boxu pro NG zástříky po skončení směny 20.29-22.00 směny 1221/05 - 41ks NG = 11.4% 14.00-20.29 směny 1219/05 - 670ks NG = 14.2%		Průměrný takt stroje dle pracovního času [s/zdvh]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
8	7-11	14-15	10	5	50					0,50	0,3kg na začátku směny + 4,4kg v průběhu výroby																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											





## Příloha č. 9 – Procesní schéma

